Environment Canada Environnement Canada

Canada

87-04818/

Environment Canada Environnement Canada

CANADIAN CLIMATE IMPACTS PROGRAM

CCD 87-01

Published by Authority of the
Minister of the Environment

© Minister of Supply and Services
Canada 1987

Catalogue No. EN57-27/1987-01
ISBN 0-662-55070-6
ISSN 0835-3980

FOREWORD

The composition of the earth's atmosphere is undergoing a major global change. Human activities, such as deforestation, the burning of fossil fuels and even agricultural practices have significantly increased the amount of carbon dioxide and other "greenhouse gases" in the atmosphere. There is now growing scientific evidence that increasing concentrations of these gases could result, over the next few decades, in a rise of global mean temperature which is greater than any in man's history (Villach Conference, Austria, October 1985). Studies indicate that warming in the range of 1.5 - 4.5°C could be expected; in Arctic regions it is likely to be even greater.

In the past few years, there has been an escalating international awareness of the dependence of various economic sectors on climatic fluctuations and on the implications of long-term climate change. Concerns have been expressed for the potential loss of coastal areas due to anticipated global sea level rises, destruction of the habitats of innumerable plant and animal species, and disruption of world agriculture, to name a few. At the same time, climate change offers the potential for significant economic opportunity. For Canada, this is likely to include an extension of the growing season and year-round shipping on the Great Lakes. The key element in successfully adapting to these changes will be our ability to mitigate the negative effects and to take advantage of the benefits.

In recognition of the impact of climate and climatic fluctuations on society, Canada established a Canadian Climate Program (CCP) in 1978 to integrate the efforts of various federal and provincial agencies as well as the universities and the private sector in the field of climatology. The Atmospheric Environment Service (AES) of Environment Canada was given responsibility as the lead agency for the program. One of the program's components has, since 1984, focussed on research studies to assess and identify the potential social and economic impacts of climate warming expected under a doubled carbon dioxide scenario. Most of these studies have been conducted under contract by Canadian universities.

While these and other studies over the last several years have clearly shown that increasing "greenhouse gas" concentrations have the potential for profound impacts on our physical environment, the results must still be treated as preliminary. There is general scientific agreement on the direction of long-term climate change, but uncertainty in the estimates of the magnitude and timing.

It is evident that additional studies are required in order to provide planning and policy information to all levels of government and private sector users. These would further serve to identify potential mitigative and adaptive strategies and be in keeping with Environment Canada's theme of "anticipate and prevent".

G. A. Sainte-Marie
Deputy Minister
Environment Canada

PREFACE

The Canadian Climate Centre (CCC) has funded a number of studies to investigate the potential impacts, on various sectors of the Canadian economy, of climate warming expected under doubled carbon dioxide (or equivalent gas) concentrations.

The projections of future climatic variables under this 2 x CO_2 scenario were adapted from two U.S. General Circulation Models - one developed by the Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) and the other by the Goddard Institute for Space Studies (GISS). Researchers used these computer model outputs, or other derived variables, as inputs to various socio-economic models. Using these tools, and analysis of historical climate anomalies and their effects, investigators were able to identify some of the first-order impacts of increased CO_2 and climate change.

The first issue of the Climate Change Digest identifies the major socio-economic impact studies undertaken since 1984, and provides an overview of study objectives and results. Subsequent issues will contain the Executive Summaries of individual study reports; some will include material relevant to other climate change issues.

J.A.W. McCulloch
Director General
Canadian Climate Centre

CANADIAN CLIMATE IMPACTS PROGRAM

INTRODUCTION

A broad basis for and interest in climate impacts exists across Canada. Studies are being carried out in universities and by provincial and federal government agencies. Before the Canadian Climate Program (CCP) was established, there was no concerted effort to develop and apply such studies on a fully integrated basis. The emergence of the CCP offers considerable potential and challenge for a diverse range of specialists, including atmospheric scientists, social scientists, economists, urban and regional planners, resource management specialists and environmentalists. Clearly, the work cannot and should not be left to the climatologist alone. Each concern is vast in scope and most are interrelated. The studies are, in addition, more than interdisciplinary - they are inter-regional and international in character.

Research studies sponsored by the CCP have demonstrated clearly some of the complexities involved in attempting to assess the socio-economic consequences of climate change. There is considerable uncertainty associated with the magnitude of the expected climate warming and our understanding of the relationships between climate, the biophysical environment, and socio-economic systems is elementary and inadequate. Although Canadian climate impact studies represent a significant advancement in our undertaking of socio-economic impacts of climate change, they are still only preliminary first estimates of the possible outcomes. There are pressing needs for further study.

The following is a summary of major studies undertaken since the program was launched in 1984.

1. **Implications of Climatic Change for Navigation and Power Generation in the Great Lakes.** University of Windsor, Great Lakes Institute, Windsor, Ontario.

   Phase I Report (March 1985) - **"Socioeconomic Assessment of the Implications of Climate Change for Future Water Resources in the Great Lakes/St. Lawrence River System".**

   This report deals with four major topics: a review of climate impacts literature; the construction of a theoretical framework describing the links through which a climate change would affect navigation and hydro-electric power generation in the Great Lakes-St. Lawrence River System; a description of several models, evaluated for their suitability for climate impact assessment; and a preliminary assessment of the impacts of two climate change scenarios.

   Phase II Report (March 1986) - **"Socio-Economic Assessment of the Implications of Climate Change for Commercial Navigation and Hydro-Electric Power Generation in the Great Lakes - St. Lawrence River System".**

This report presents the research methods and results of phase II of the study.

Highlights:
- Great Lakes ice cover could disappear
- year-round shipping with a 15 to 30% increase in shipping volumes
- 20% decrease in Great Lakes water supply could result in a 6% loss in shipping capacity
- Ontario residential heating requirements may decrease by 30 to 45%; summer cooling requirements may increase by 7%.

2. **Implications of Climate Change for Agriculture in Ontario.** University of Guelph, Land Evaluation Group, Guelph, Ontario.

Phase I Report (April 1985) - **"Socio-Economic Assessment of the Implications of Climate Change for Food Production in Ontario".**

This report provides a preliminary socio-economic assessment of the implications of climatic change on food production in Ontario. It estimates the extent to which specified changes in climatic conditions would create or constrain opportunities for agricultural production throughout Ontario.

Phase II Report (March 1986) - **"Implications for Climate Change and Variability for Ontario's Agri-Food Sector".**

This report assesses the impacts of long-term climatic change associated with a doubling in atmospheric concentrations of CO_2 on agricultural opportunities at the farm, regional and provincial levels.

Highlights:
- growing seasons lengthened by 48 days in northern Ontario and 61 days in the south
- moisture stress would decrease yield of today's major crops, with potential losses of $100 million/year
- lower precipitation and higher temperatures may threaten the security of Ontario's food supply
- grain, corn, wheat and soybeans would become viable northern Ontario crops.

Phase III Report (due May 31, 1987) - **"Implications of Climatic Warming for Canada's Comparative Position in Agricultural Production and Trade".**

The purpose of the Phase III work is to investigate the implications of changes in agricultural production opportunities (sensitivities and responses) in other parts of Canada and, where possible, in other parts of the world.

3. **Impact of Climate Change on Ontario Tourism and Recreation.** University of Waterloo, Department of Geography, Waterloo, Ontario.

Phase I Report (March 1985) - **"Climatic Change and its Impact on Ontario Tourism and Recreation".**

This report examines the relationship between climate and recreation. The terms are defined, the relevant literature is reviewed and a number of possible research strategies are presented which stress the need for case studies of both activities and locations and examination of the policy problems facing parks.

Phase II Report (October 1985) - **"Climatic Change and its Impact on Ontario Tourism and Recreation: Final Report".**

Phase II addresses some of the strategies proposed in the earlier phase and presents case study findings for downhill skiing and camping.

Highlights:
- reliable downhill skiing seasons could disappear in the Lake Huron/Georgian Bay area with potential economic losses of $50 million/year
- summer recreational activities are likely to have extended seasons.

4. **Implications of Climate Change for Agriculture in the Prairie Provinces.** University of Manitoba, Department of Agricultural Economics and Farm Management, Winnipeg, Manitoba.

Phase I Report (March 1985) - **(Interim Report only)**

This report provides a review of agroclimatic studies; discusses other models of impacts of climate change (including a study of similar historic events); and presents an empirical statistical approach to determining crop yield response to weather factors.

Phase II Report (March 1986) - **"Towards a Socio-Economic Assessment of the Implication of Climate Change for Agriculture in Manitoba and the Prairie Provinces: Phases I and II".**

This report summarizes the results of simulation of economic impacts on the Prairie Provinces of several climatic scenarios: a baseline scenario (long-term "normal" weather), an historic drought of 1961 magnitude (but continuing beyond one year), and four climatic change scenarios from doubled CO_2 (based on various global circulation model estimates of temperature only or temperature and precipitation changes).

Highlights:
- only one of the climatic change scenarios enhanced productivity of the agricultural sector relative to baseline conditions, and only in Manitoba and Saskatchewan

- the other altered climate scenarios resulted in net income losses in Manitoba and Saskatchewan, with reductions in net crop revenues ranging from $10 to $20 million
- in all provinces the historic drought scenario produced much greater yield losses than any alternative scenario
- while there is considerable latitude for northward expansion of agriculture in the three prairie provinces under altered climate, most of the available area would only support marginal crops (eg. forages) which are not profitable under current economic conditions.

Phase III Report (due May 31 1987) - **"Socio-Economic Assessment of the Implications of Climate Change for Agriculture in the Prairie Provinces: Phase III".**

Phase III examines the impact of proposed climate change scenarios on the individual economies of Manitoba and Saskatchewan as affected by changes in the agricultural sector. The climate change scenarios are linked to the provincial economies through a series of modelling steps.

Highlights:
- increased climatic variability represents a greater threat to agriculture than an increase in average temperature
- crop yields are not severely constrained by moisture availability except in those areas where moisture is currently the limiting factor (e.g., sandy soils of southwestern Manitoba and most areas of Saskatchewan)
- where yield losses are expected for some crops in some areas, the aggregate sector can adjust to offset these losses by seeding hardier crops or by adjusting the cropping patterns across the region.

5. **Impacts of Climate Change on Agriculture in Saskatchewan.** Project coordinated by IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) with contributions by Environment Canada; Agriculture Canada (Prairie Farm Rehabilitation Administration and Regional Development Branch); and the Saskatchewan Research Council.

Final Report (April 1987) - **"Estimating Effects of Climatic Change on Agriculture in Saskatchewan Canada".**

The province of Saskatchewan was one of five high-latitude case study areas considered in the IIASA/UNEP (United Nations Environment Program) study-to assess the impacts of climatic change and variability on food production. In common with other case studies in high-latitude areas (Iceland, Finland, Northern European USSR and Japan), experiments have been conducted to simulate the impacts of several different climatic scenarios representing: (a) a period of years with extreme weather (the

dry 1930s in Saskatchewan); (b) a single anomalous year (1961); and (c) the climate simulated by an atmospheric general circulation model (GISS - Goddart Institute for Space Studies) for doubled concentrations of atmospheric CO_2.

Highlights:
- with climate as in recent decades and technology and management at present levels (1980), Saskatchewan can expect occasional drought years with losses to the agricultural economy exceeding $1800 million and 8,000 person years
- adverse effects indicated for the extreme 5 or 10 year periods that recur occasionally leading to a loss of 2,600 person years and $600 million
- a shift to a warmer long-term climate causing reduced spring wheat yields by 16% and losses of $160 million and 700 person years.

6. **Potential Resource and Socio-Economic Strategies for Climate Change in Ontario.** DPA Group Inc. in association with Concord Scientific Corporation, Toronto, Ontario.

Phases I and II (1984, 1985) - **(no formal reports)**

The Canadian Climate Program of Environment Canada (Ontario Region, Atmospheric Environment Service) initiated a pilot project in 1984 to investigate the potential impacts of climate change in Ontario. The first and second phases examined the effect of CO_2 induced climate change on specific components of the air-water-land/biota-systems (eg. net basin supply, streamflows) and resource uses (eg. hydro-electric power generation, residential heating and cooling requirements), and resulted in several individual study reports and/or documentation.

Phases III and IV - DPA Report (March 1986) - **"CO_2 Induced Climate Change in Ontario: Interdependencies and Potential Resource and Socio-economic Strategies".**

This report documents the results of Phases III and IV which focussed on the interdependency of the impact sector (addressed in Phase I and II) and possible resource and socio-economic strategies.

Highlights:
- per capita municipal water consumption under warmer climate would not increase significantly
- major ecological marshes, such as Point Pelee, would dry out
- possible increased damage to forests from disease, insects and fire as well as reduction in winter logging operations.

7. **Possible Impacts of a Rise in Sea Level at Charlottetown, PEI.** P. Lane and Associates Ltd., Halifax, N.S.

Final Report (June 1986) - **"Preliminary Study of the Possible Impacts of a One Metre Rise in Sea Level at Charlottetown, Prince Edward Island".**

This report begins with the assumption of a one metre rise in sea level and identifies the expected impact of this event on Charlottetown, PEI. The study does not attempt to validate the assumption nor does it deal with analysis of other factors such as tektonic subsidence.

Highlights:
- possible one-metre rise in global sea level would threaten many of Charlottetown's waterfront developments, including 250 buildings, streets, sewer systems and parks.

FINAL REPORTS PENDING

8. **Implications of Climate Change for Natural Resources in Québec.** University of Montréal, Montréal, Québec.

Final draft (due May 29, 1987) - **"Prospective du changement climatique pour les ressources naturelles du Québec, phase I: Les secteurs energétiques, agricoles et forestiers".**

This report presents a detailed analysis of present and future climatic conditions as derived from two models of a 2 x CO_2 scenario. Potential impacts are then analyzed for the energy, agriculture and forestry sectors.

Highlights:

Energy:
- winter heating requirements, and electricity, petroleum and gas usage, may decrease significantly
- summer cooling requirements, and electricity use, may increase
- increased capacity for hydro-electric generation, due to a 7 to 20% increase in net basin water supply for the James Bay basin.

Agriculture:
- significant increase in the length of the growing season; 40-100% increase of growing-degree days, depending on the region or climate scenario
- considerable potential for agricultural expansion for some regions such as Abitibi or Lac Saint-Jean
- reduction in water supply may lead to more frequent irrigation requirement.

Forestry:
- potential for eventual northward displacement of forest zones, by up to a few hundred kilometers
- potential for a 110-180% future increase in hardwood forest area; 5-40% decrease in boreal forest area
- possible increase in forest growth rate by 50% in southern Québec and 100% in northern Québec.

9. **Implications of Climate Change for the Downhill Skiing in Québec.** Lamophe and Periard Lte., Montréal, Québec.

Final draft (due May 29, 1987) - **"Prospective du changement climatique pour les ressources naturelles du Québec, phase I: L'industrie du ski alpin".**

This study evaluates the sensitivity of Québec's downhill skiing industry to potential climate change expected as a result of doubling of atmospheric CO_2 concentrations. Based on consultations with 15 ski resort operators, critical values of various weather parameters are identified and a method of classifying each day, in terms of expected climatic conditions, is developed.

Statistics are computed from daily weather data at stations adjacent to three ski regions: Eastern Townships; Laurentians; and Québec City region.

Highlights:
- a potential reduction of 67-87% in the number of ski-days for resorts without artificial snow-making equipment; reduced profitability
- a potential reduction of 40-50% in the number of ski-days for resorts with artificial snow-making equipment
- skiing season delayed until after Christmas in Eastern Townships
- economic impact on ski resorts not likely to be proportional to the reduction in ski-days, as the number of skiers could be expected to increase on days remaining in the shortened ski season.

10. **Impacts of Climate Change on the Marine Environment of Atlantic Canada.** Dalhousie University, School for Resource and Environmental Studies, Halifax, Nova Scotia.

Phase I (final draft due May 22, 1987) - **"Socio-Economic Assessment of the Physical and Ecological Impacts of Climate Change on the Marine Environment of the Atlantic Region of Canada".**

This report identifies the potential impacts of climate change on the marine environment and associated economy of the Atlantic Region of Canada, in particular on: fisheries; marine transportation; energy development; coastal infrastructure; and tourism and recreation.

Highlights:
- inshore fisheries season would be extended, and substantial growth in the aquaculture industry could be expected
- significant opportunity for a reduction in ice breaking costs; possible increase in search and rescue costs due to increased commercial, fishery and recreational marine traffic
- decreased down time for offshore oil and gas exploration rigs due to less sea ice and iceberg flows
- increased runoff and power generation potential for Labrador; decreased runoff and power export for the Maritimes
- potential loss of several billion dollars due adverse impacts of sea level rise on coastal infrastructure.

11. **Economics and Future Impacts of Climate Variability and Change.** University of Toronto. Institute for Environmental Studies, Toronto, Ontario.

Final draft (due May 29, 1987) - **"Economic Perspectives on the Impacts of Climate Variability and Change".**

This report presents a collection of papers representing the output of a working group of economists, climate impact researchers, and practitioners in related areas. Each of the papers stands alone, but collectively they are linked. Titles include:

- Microeconomic Analysis and Climate Change
- Benefit/Cost Analysis and Climate Change: Panacea or Placebo
- The Role of Input-Output Analysis in Climate Impact Assessment
- Ups and Downs of Great Lakes Water Levels: Evaluating Policy Options in the Context of Uncertainty
- The Scenario Approach to Assessing Socio-Economic Sensitivities to Long-Term Climate Change: The Agri-Food Example
- Weathering Climatic Impacts: The Question of Strategy.

12. **Possible Impacts of a Rise in Sea Level at Saint John, New Brunswick.** Martec Limited, Halifax, Nova Scotia.

Final draft (due May 29, 1987) - **"Summary of the Possible Impacts of a One Metre Rise in MSL at Saint John, N.B., and the Lower Reaches of the Saint John River".**

This report begins with the assumption of a one metre rise is sea level and identifies the expected impact of this event on Saint John, N.B.

Highlights:
- a one metre rise in MSL by itself is unlikely to have major implications for the harbour or river; storm surges or flooding events combined with a one metre rise in MSL will, however, be more severe and frequent
- changes in biophysical characteristics of three salt marshes, with unfavourable impacts on seabirds
- flooding of sewage and industrial waste treatment lagoons in Manawagonish and Hazen creeks, thus releasing large volumes of contaminants in a short time.

STUDY IN PROGRESS

13. **Implications of Climate Change for Forestry in the Prairies and Northwest Territories.** Saskatchewan Research Council, Saskatoon, Saskatchewan.

Final Report (due September 30, 1987) - **"Assessment of the Implications of Climate Change for Forests and the Forestry Industry in the Prairies and the Northwest Territories".**

Objectives:
- assessment of several possible effects of climate change on the forests and forest-based industries of Canada. Among the many issues to be addressed for a particular forest zone are: insects and diseases, forest fires, logging operations, and forest productivity

FUTURE PLANS

Priority sectors for enhanced funding include forests and the forestry industry and transportation and energy in northern Canada. The forestry sector is particularly sensitive to climate. Almost every activity in the forest, from regenerating burned or harvested trees, to thinning mature stands, requires an understanding of climate and climate change.

There is also a need to develop analytical tools to estimate the sensitivities, adaptabilities and response thresholds of socio-economic systems to climate (and hence biophysical changes). Socio-economic impacts within the regions of Canada cannot be reliably assessed independently of changes expected elsewhere. Hence, there is a need for Canada-wide studies, and for analysis of the comparative position of Canada with respect to biophysical and socio-economic changes in other countries.

Environnement Canada
Environment Canada

Canada

Environnement Canada
Environment Canada

PROGRAMME CANADIEN DES INCIDENCES CLIMATOLOGIQUES

SSC 87-01

Publie avec l'autorisation du
ministre de l'Environnement

©Ministre des Approvisionnements
et Services Canada 1987

No. de catalogue EN57-27/1987-01
ISBN 0-662-55070-6
ISSN 0835-3980

AVANT-PROPOS

L'atmosphère terrestre subit de grands changements dans sa composition à l'échelle mondiale. Les activités humaines, comme le déboisement, l'utilisation des combustibles fossiles et, même, les opérations agricoles ont nettement accru la quantité de gaz carbonique et d'autres "gaz de serre" de l'atmosphère. Il est de mieux en mieux établi du point de vue scientifique que l'accroissement de la concentration de ces gaz pourrait entraîner, au cours des prochaines décennies, une augmentation de la température moyenne mondiale supérieure à toute autre augmentation survenue depuis l'arrivée de l'homme sur terre (cf. conférence de Villach, Australie, octobre 1985). D'après les études, on pourrait s'attendre à un réchauffement mondial moyen de 1,5 à 4,5 °C; dans les régions arctiques, il est probable que ce réchauffement sera encore plus élevé.

Ces dernières années, on a de plus en plus pris conscience, à l'échelon international du fait que divers secteurs économiques sont tributaires des fluctuations climatiques et des répercussions du changement climatique à long terme. On appréhende la perte éventuelle de zones côtières due à la hausse mondiale prévue du niveau des mers, à la destruction des habitats d'innombrables espèces végétales et animales et à la perturbation de l'agriculture mondiale, pour ne citer que quelques sujets de préoccupation. Par la même occasion, le changement climatique offre éventuellement d'intéressantes possibilités économiques. Pour le Canada, celles-ci comprennent sans doute une prolongation de la saison de croissance et une navigation marchande active à longueur d'année sur les Grands Lacs. L'élément clef d'une bonne adaptation à ces changements sera notre aptitude à atténuer les effets négatifs et à tirer parti des avantages.

Ayant reconnu l'effet du climat et des fluctuations climatiques sur la société, le Canada a, en 1978, établi un Programme climatologique canadien pour intégrer les efforts de divers organismes fédéraux et provinciaux, ainsi que des universités et du secteur privé, dans le domaine de la climatologie. On a confié la responsabilité du programme au Service de l'environnement atmosphérique (SEA), d'Environnement Canada. Ce service est donc l'organisme responsable en la matière. Depuis 1984, un des éléments du programme se concentre sur les études de recherche destinées à évaluer et à déterminer les effets sociaux et économiques éventuels du réchauffement climatique auquel on s'attend suivant un scénario où la concentration de gaz carbonique doublerait. La plupart de ces études furent menées en vertu de contrats par des universités canadiennes.

Ces études et d'autres études réalisées au cours des dernières années ont clairement montré que l'accroissement des concentrations de "gaz de serre" peut bel et bien exercer des effets profonds sur notre milieu physique, mais il faut encore en considérer les résultats comme préliminaires. Les scientifiques s'entendent assez bien sur l'évolution du changement climatique à long terme, mais il existe de l'incertitude dans les estimations de l'ampleur et des échéances.

Il va de soi qu'il faut d'autres études pour fournir des renseignements de planification et d'orientation à tous les paliers d'administration et aux usagers du secteur privé. Ces études aideraient encore à établir les stratégies éventuelles d'atténuation et d'adaptation et répondraient au thème d'Environnement Canada : "Prévoir pour prévenir."

G.A. Sainte-Marie
Sous-ministre
Environnement Canada

PRÉFACE

Le Centre climatologique canadien (CCC) a financé plusieurs études touchant les effets eventuels, sur divers secteurs de l'économie canadienne, du réchauffement du climat prévu en présence de concentrations doublées de gaz carbonique (ou de gas équivalents).

Les projections des futures variables climatiques en vertu de ce scénario (concentration doublée de CO_2) sont adaptées de deux modèles américains de circulation générale, l'un mis au point par le Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) et l'autre par le Goddard Institute for Space Studies (GISS). Les chercheurs ont utilisé les résultats de ces modèles informatiques ou d'autres varibles dérivées comme données d'entrée de divers modèles socio-économiques. Grâce à ces outils, ainsi qu'à l'analyse des anomalies climatiques du passé et de leurs effets, les chercheurs sont parvenus à déterminer certaines des répercussions de première importance d'une augmentation de la concentration de CO_2 et du changement climatique.

Le premier numéro du Sommaire du changement climatique indique les principales études de prospective socio-économique entreprises depuis 1984 et donne un aperçu des objectifs et des résultats des études. Les numéros à venir comprendront des résumés des rapports d'études particuliers. Certains renfermeront des éléments pertinents à d'autres questions de changement climatique.

J.A.W. McCulloch
Directeur général
Centre climatologique canadien

PROGRAMME CANADIEN DES INCIDENCES CLIMATOLOGIQUES

INTRODUCTION

Il existe dans l'ensemble du Canada un grand intérêt pour les incidences climatologiques et une large base d'étude sur ce sujet. Les études sont menées aux universités et par des organismes des gouvernements provinciaux et du gouvernement fédéral. Avant la création du Programme climatologique canadien (PCC), on n'avait déployé aucun effort pour concerter, créer et appliquer de telles études d'une façon pleinement intégrée. Le lancement du PCC offre des possibilités considérables et lance de grands défis à divers spécialistes, y compris les scientifiques de l'atmosphère, les scientifiques sociaux, les économistes, les planificateurs urbains et régionaux, les spécialistes de la gestion des ressources et les écologistes. Il est clair qu'on ne peut pas confier, ni qu'on ne devrait confier, le travail seulement aux climatologistes. Chaque préoccupation est d'une grande envergure. La plupart des problèmes sont interdépendants. En outre, les études sont non seulement interdisciplinaires, mais aussi d'un caractère interrégional et international.

Les études de recherche parrainées par le PCC ont clairement établi certains des problèmes qui se posent pour tenter d'évaluer les conséquences socio-économiques du changement climatique. Il y a une grande incertitude à l'égard de l'ampleur du réchauffement escompté du climat, et nous comprenons mal ou peu les rapports qui existent entre le climat, le milieu biophysique et les systèmes socio-économiques. Les études canadiennes des incidences climatologiques représentent un progrès sensible de notre compréhension des incidences socio-économiques du changement climatique, mais elles demeurent seulement des estimations préliminaires des conséquences éventuelles. Il faudrait de toute urgence des études complémentaires.

Voici le résumé des principales études menées depuis le lancement du programme en 1984.

1. **Implication du changement climatique pour la navigation et la production d'énergie - Grand Lacs.** University of Windsor, Great Lakes Institute, Windsor, Ontario.

   Rapport de la phase I (mars 1985) - **"Socioeconomic Assessment of the Implications of Climate Change for Future Water Resources in the Great Lakes/St. Lawrence River System".**

   Ce rapport traite de quatre sujets principaux : examen des documents portant sur l'incidence climatique; élaboration d'une structure théorique décrivant des liens par lesquels un changement climatique modifierait la navigation et la production d'énergie hydro-électrique dans le réseau fluvial des Grands Lacs et du Saint-Laurent; description de plusieurs modèles, évalués en fonction de leur pertinence pour la prospective climatique; évaluation préliminaire des incidences de deux scénarios de changement climatiques.

Rapport de la phase II (mars 1986) - **"Socio-Economic Assessment of the Implications of Climate Change for Commercial Navigation and Hydro-Electric Power Generation in the Great Lakes - St. Lawrence River System".**

Ce rapport présente les méthodes et les résultats de recherche de la phase II de l'étude.

Points saillants:
- la couverture de glace des Grands Lacs pourrait disparaitre
- navigation à longueur d'année, marquée par une augmentation de volume de 15 à 30 p. 100
- diminution de 20 p. 100 des réserves d'eau des Grands Lacs, d'où perte éventuelle de 6 p. 100 de la capacité de navigation
- les besoins en chauffage résidentiel de l'Ontario pourraient baisser de 30 à 45 p. 100; les besoins en refroidissement d'été pourraient augmenter de 7 p. 100.

2. **Implications du changement climatique pour l'agriculture de l'Ontario.**- University of Guelph, Land Evaluation Group, Guelph, Ontario.

Rapport de la phase I (avril 1985) - **"Socio-Economic Assessment of the Implications of Climate Change for Food Production in Ontario".**

Ce rapport donne une évaluation socio-économique préliminaire des influences du changement climatique sur la production des aliments de l'Ontario. Il estime dans quelle mesure des changements déterminés des conditions climatiques réduiraient les possibilités de production agricole ou en créeraient dans l'ensemble de l'Ontario.

Rapport de la phase II (mars 1986) - **"Implications of Climate Change and Variability for Ontario's Agri-Food Sector".**

Ce rapport évalue les répercussions d'un changement climatique à long terme lié à un doublement de la concentration de CO_2 sur les possibilités agricoles à l'échelon de la ferme, des régions et des provinces.

Points saillants:
- la saison de croissance s'allongerait de 48 jours dans le nord de l'Ontario et de 61 jours dans le sud
- le manque d'humidité ferait baisser le rendement des principales récoltes d'aujourd'hui, d'où des pertes éventuelles de 100 millions de dollars par an
- de plus faibles précipitations et des températures plus élevées risqueraient de compromettre les réserves alimentaires de l'Ontario
- les céréales, le maïs, le blé et le soja deviendraient des récoltes viables dans le nord de l'Ontario.

Rapport de la phase III (voulu pour le 31 mai 1987) - **"Implications of Climatic Warming for Canada's Comparative Position in Agricultural Production and Trade".**

L'objet du travail de la phase III consiste à étudier les répercussions des changements dans les possibilités de production agricole (vulnérabilité et réaction) dans d'autres régions du Canada et, si possible, dans d'autres régions du monde.

3. **Répercussions du changement climatique sur le tourisme et les loisirs de l'Ontario.** University of Waterloo, Department of Geography, Waterloo, Ontario.

Rapport de la phase I (mars 1985) - **"Climatic Change and its Impact on Ontario Tourism and Recreation".**

Ce document examine le rapport qui existe entre le climat et les loisirs. On y définit les termes, passe en envue les documents pertinents et présente plusieurs stratégies possibles de recherche qui soulignent la nécessité d'études de cas tant pour les activités que pour les lieux et l'examen des problèmes d'orientation qui se présentent pour les parcs.

Rapport de la phase II (octobre 1985) - **"Climatic Change and its Impact on Ontario Tourism and Recreation: Final Report".**

La phase II étudie certaines des stratégies proposées dans la phase antérieure et présente des conclusions d'études de cas pour le ski alpin et le camping.

Points saillants:
- il risquerait de ne plus y avoir de saisons fiables de ski alpin dans la région du lac Huron et de la baie Géorgienne, d'où des pertes économiques éventuelles de 50 millions de dollars par an
- les activités de loisirs d'été s'étendraient sans doute sur une saison plus longue.

4. **Implications du changement climatique pour l'agriculture dans les provinces des Prairies".** University of Manitoba, Department of Agricultural Economics and Farm Management, Winnipeg, Manitoba.

Rapport de la phase I (mars 1985) - **(Rapport ébauche seulement)**

Ce rapport passe revue des études agroclimatiques; étudie d'autres modèles d'incidence du changement climatique (y compris une étude de phénomènes analogues du passé); et présente une démarche statistique empirique pour déterminer la réaction du rendement des récoltes aux facteurs météorologiques.

Rapport de la phase II (mars 1986) - **"Towards a Socio-Economic Assessment of the Implication of Climate Change for Agriculture in Manitoba and the Prairie Provinces: Phases I and II".**

Ce rapport résume les résultats de la simulation des répercussions économiques de plusieurs scénarios climatiques sur les provinces des Prairies : scénario de base temps "normal" à long terme, sécheresse historique de l'ampleur de 1961 (mais d'une durée supérieure à un an) et quatre scénarios de changements climatiques résultant d'une concentration doublée de CO_2 (d'après diverses estimations de modèles de circulation mondiale des changements de la température seule ou des changements de la température et des précipitations).

Points saillants:
- seulement un des scénarios de changements climatiques a indiqué un accroissement de productivité du secteur agricole en fonction des conditions de base et, ce, seulement au Manitoba et dans la Saskatchewan
- les autres scénarios modifiés de climat ont entrainé des pertes nettes de recettes au Manitoba et dans la Saskatchewan, les réductions de recettes nettes en récolte allant de 10 à 20 millions de dollars
- dans toutes les provinces, le scénario de sécheresse historique a engendré des pertes de rendement bien plus importantes que tout autre scénario de rechange
- en présence d'un climat modifié, il existe des possibilités considérables d'expansion de l'agriculture vers le nord dans les trois provinces des prairies, mais la majeure partie des zones disponibles ne permettrait de cultiver que des récoltes marginales (comme les fourrages) qui ne sont pas rentables dans les conditions économiques actuelles.

Rapport de la phase III (voulu pour le 31 mai 1987) - **"Socio-Economic Assessment of the Implications of Climate Change for Agriculture in the Prairie Provinces: Phase III".**

La phase III examine l'effet des scénarios proposés de changement climatique sur les économies particulières du Manitoba et de la Saskatchewan touchées par des changements survenant dans le secteur agricole. Les scénarios de changement climatique sont liés aux économies provinciales par une série d'étapes de modélisation.

Points saillants:
- Une variabilité climatique accrue représente pour l'agriculture une menace plus grande qu'une hausse de la température moyenne

- Le rendement des récoltes n'est pas gravement limité par les réserves d'humidité, sauf dans les régions où l'humidité constitue présentement un élément de restriction (cas des sols sablonneux du sud-ouest du Manitoba et de la plupart des régions de la Saskatchewan)
- Dans les régions où l'on s'attend à des pertes de rendement pour certaines récoltes, le secteur collectif peut s'adapter pour compenser ces pertes, en ensemençant des cultures plus résistantes ou en modifiant la configuration des récoltes de l'ensemble de la région.

5. **Répercussions du changement climatique sur l'agriculture de la Saskatchewan.** Projet coordonné par l'IIASA (Institut international pour l'analyse appliquée des systèmes de haut niveau), Environnement Canada apportant sa participation; Agriculture Canada (Administration du rétablissement agricole des Prairies et Direction de l'expansion régionale); et le Conseil des recherches de la Saskatchewan.

Rapport final (avril 1987) - **"Estimating Effects of Climatic Change on Agriculture in Saskatchewan, Canada".**

La province de la Saskatchewan est une des cinq zones d'études de cas à haute latitude examinées dans l'étude de l'IIASA-PNUE (Programme des Nations-Unies pour l'environnement) pour évaluer les répercussions du changement et de la variabilité du climat sur la production alimentaire. Comme pour d'autres de cas des zones à haute latitude (Islande, Finlande, partie nord-européenne de l'URSS et Japon), on a mené des expériences pour simuler les répercussions de plusieurs scénarios climatiques représentant : a) Une période de plusieurs années marquées par des phénomènes météorologiques violents (la sécheresse du début des années 30 dans la Saskatchewan); b) une seule année présentant des anomalies (1961); et c) le climat simulé par un modèle de circulation atmosphérique générale (GISS - Goddard Institute for Space Studies) pour les concentrations doublées de CO_2 atmosphérique.

Points saillants:
- si le climat reste comme il était pendant les décennies récentes et si la technique et la gestion demeurent au niveau actuel (1980), la Saskatchewan peut s'attendre à des années occasionnelles de sécheresse qui entraineraient pour l'économie agricole des pertes supérieures à 1 800 millions de dollars et à 8 000 années-personnes
- mention des faits défavorables pour les périodes extrêmes de 5 ou de 10 ans qui reviennent de temps à autre, en entrainant une perte de 2 600 années-personnes et de 600 millions de dollars

- passage à un climat plus chaud à long terme, d'où une réduction de 16 p. 100 du rendement en blé de printemps et des pertes de 160 millions de dollars et de 700 années-personnes.

6. **Stratégies éventuelles en matière socio-économiques et de ressources pour le changement climatique de l'Ontario.** DPA Groupe Inc. en collaboration avec Concord Scientific Corporation, Toronto, Ontario.

Phase I et II (1984, 1985) - **(aucun rapports officiels)**

Le Programme climatologique canadien d'Environnement Canada (Région de l'Ontario, Service de l'environnement atmosphérique) a entrepris en 1984 l'exécution d'un projet-pilote pour étudier les répercussions éventuelles du changement climatique en Ontario. Les première et deuxième phases ont examiné l'effet du changement climatique provoqué par le CO_2 sur des éléments déterminés des systèmes air-eau-terre/biote (réserve nette de bassin, écoulement des cours d'eau) et l'utilisation des ressources (production d'énergie hydro-électrique, besoins en chauffage et en refroidissement résidentiels) et ont donné naissance à plusieurs rapports ou documents d'études particuliers.

Phases III et IV - Rapport DPA (mars 1986) - **"CO_2 Induced Climate Change in Ontario: Interdependencies and Potential Resource and Socio-economic Strategies".**

Ce rapport rend compte des résultats des phases III et IV qui portaient sur l'interdépendence du secteur touché (voir phase I et phase II) et les stratégies éventuelles en matière de ressources et de questions socio-économiques.

Points saillants:
- en présence d'un climat plus chaud, la consommation municipale d'eau par habitant n'augmenterait pas beaucoup
- les principaux marécages écologiques, comme celui de Point Pele, s'assécheraient
- risque de dégâts accrus aux forêts du fait de maladie, des insectes et des incendies, ainsi que réduction de l'exploitation forestière d'hiver.

7. **Répercussions éventuelles d'une hausse du niveau de la mer - Charlottetown, I.-P.É.** P. Lane et Associates Ltée., Halifax, N.-É.

Rapport final (juin 1986) - **"Preliminary Study of the Possible Impacts of a One Metre Rise in Sea Level at Charlottetown, Prince Edward Island".**

Ce rapport, terminé en juin 1986, commence par l'hypothèse d'une hausse de un mètre du niveau de la mer et décrit les faits escomptés d'un tel événement sur Charlottetown, I.P.-É. L'étude ne tente pas de justifier l'hypothèse, ni ne traite de l'analyse d'autres facteurs comme l'élasticité tectonique.

Points saillants:
- une élévation éventuelle de un mètre du niveau d'eau mondial de la mer compromettrait un grand nombre des réalisations du bord de l'eau de Charlottetown, y compris 250 immeubles, rues, installations d'égouts et parcs.

8. **Implications du changement climatique pour les ressources naturelles du Québec. Université du Montréal, Montréal, Québec.**

Rapport final (disponible le 29 mai 1987) - **"Prospective du changement climatique pour les ressources naturelles du Québec, phase 1: Les secteurs énergétiques, agricoles et forestiers".**

Ce rapport présente une cartographie détaillée des conditions climatiques actuelles et futures selon deux modèles simulant un doublement du CO_2 atmosphérique. On analyse ensuite les impacts potentiels dans les secteurs de l'énergie, de l'agriculture et de la foresterie.

Résultats:

Énergie:
- en hiver, les besoins en chauffage et la consommation d'électricité, de pétrole et de gaz pourraient diminuer de façon significative
- en été, les besoins en climatisation et la consommation d'électricité pourraient augmenter
- augmentation de la capacité à générer de l'électricité, reliée à une augmentation de 7 à 20% de l'approvisionnement en eau du bassin de la Baie James.

Agriculture:
- augmentation significative de la durée de la saison de croissance; augmentation de 40 à 100% des degrés-jours de croissance, selon les régions et les scénarios
- potentiel considérable d'expansion de l'agriculture dans des régions telles l'Abitibi et le Lac Saint-Jean
- une baisse de l'approvisionnement en eau pourrait rendre l'irrigation plus fréquente.

Foresterie:
- potentiel d'un déplacement éventuel ver le nord des écosystèmes forestiers de quelques centaines de kilomètres
- potentiel d'une augmentation future de 110 à 180% de la superficie des forêts de bois francs et d'une baisse de 5 à 40% de celle des forêts boréales

- augmentation possible du taux de croissance des arbres allant de 50% dans le sud à 100% dans le nord du Québec.

9. **Implications du changement climatique pour le ski alpin du Québec.** Lamothe et Périard Ltd., Montréal, Québec.

Rapport final (disponible le 29 mai 1987) - **"Prospective du changement climatique pour les ressources naturelles du Québec, phase 1: L'industrie du ski alpin".**

Cette étude vise à évaluer la sensibilité de l'industrie québécois du ski alpin à un changement climatique potentiel résultant d'un doublement de la concentration du CO_2 atmosphérique. Suite à une consultation auprès de 15 centres de ski, on identifie des seuils critiques de divers paramètres météorologiques et on développe une façon de classifier chaque journée en fonction des conditions climatiques.

On calcule des statistiques basées sur des données météorologiques journalières de stations synoptiques près de trois régions de ski: l'Estrie, les Laurentides et la région de Québec.

Résultats:
- le nombre de jours skiables pourrait être réduit de 67 à 87% pour les centres de ski sans équipements de fabrication de neige artificielle; rentabilité diminuée
- même en produisant de la neige artificielle, le nombre de jours skiables pourrait être réduit de 40 à 50%
- le début de la saison de ski pourrait survenir après le congé des Fêtes en Estrie.
- l'impact économique ne serait probablement pas proportionnel à la baisse des jours skiables, car l'achalandage pourrait augmenter pendant la période propice.

10. **Repercussions du changement climatique sur le milieu marin de l'Atlantique du Canada.** Dalhousie University, School for Resource and Environmental Studies, Halifax, Nova Scotia.

Phase I (disponsible le 22 mai 1987) - **"Socio-Economic Assessment of the Physical and Ecological Impacts of Climate Change on the Marine Environment of the Atlantic Region of Canada".**

Ce rapport définit les répercussions éventuelles du changement climatique sur le milieu marin et l'économie correspondante de la Région de l'Atlantique du Canada, en particulier sur les pêches, les transports maritimes, l'exploitation de l'énergie, l'infrastructure côtière, le tourisme et les loisirs.

Points saillants:
- La saison de pêche côtière s'allongerait et on pourrait s'attendre à une importante croissance de l'industrie de l'aquiculture

- Importante occasion de réduire les coûts de dégagement de la glace; augmentation éventuelle des frais de recherche et de sauvetage du fait d'une circulation maritime accrue pour le commerce, les pêches et les loisirs
- Diminution des temps morts pour les plates-formes de prospection hauturière de pétrole et de gaz et ce, du fait d'une quantité réduites des glaces de mer et d'un mouvement moindre des icebergs
- Accroissement du ruissellement et des possibilités de production d'énergie pour le Labrador; diminution du ruissellement et des exportations d'énergie pour les Maritimes
- Perte éventuelle de plusieurs milliards de dollars attribuable aux effets nocifs de la hausse du niveau de la mer sur l'infrastructure côtière.

11. **Économie et répercussions futures de la variabilité et du changement climatiques** - Université de Toronto. Institut d'études environnementales, Toronto, Ontario.

Ébauche définitive (pour le 29 mai 1987) - **"Economic Perspectives on the Impacts of Climate Variability and Change".**

Ce rapport présente une série de communications représentant le travail d'un groupe d'étude composé d'économistes, de chercheurs en matière de répercussions climatiques et de praticiens de domaines connexes. Chacune des communications se suffit à elle-même, mais elles sont liées les unes aux autres. Leurs titres comprennent:

- L'analyse microéconomique et le changement climatique
- L'analyse de rentabilité et le changement climatique : panacée ou placebo
- Le rôle de l'analyse des entrées et des sorties dans l'évaluation des répercussions climatiques
- Hausse et baisse du niveau d'eau des Grands Lacs : Évaluation des options d'orientation devant l'incertitude
- La méthode du scénario pour l'évaluation de la vulnérabilité socio-économique au changement climatique à long terme : L'exemple des denrées agricoles
- L'adaptation aux répercussions climatiques : Question de stratégie.

12. **Répercussions éventuelles d'une hausse du niveau de la mer à Saint John, N.-B.** Martec Ltd., Halifax, N.B.

Rapport final (29 mai 1987) - **"Summary of the Possible Impacts of a One Metre Rise in MSL at Saint John, N.B., and the Lower Reaches of the Saint John River".**

Ce rapport commence par l'hypothèse d'une hausse de un mètre du niveau de la mer et décrit les faites escomptés d'un tel événement sur Saint John.

Points saillants:
- il est improbable que la seule élévation d'un mètre du NMM ait des conséquences importantes pour le port ou la rivière; cependant, les marées de tempête ou les phénomènes d'inondation combinés à l'élévation d'un mètre du NMM seront plus fréquents et plus graves
- le changement des caractéristiques biophysiques de trois marais salants serait accompagné par un impact défavorable sur les oiseaux de mer
- le lagunes d'épuration des eaux usées industrielles et d'égout aux ruisseaux Manawagonish et Hazen, ainsi que dans Little River, seraient inondées, lisérant des volumes considérables de contaminants en peu de temps.

ÉTUDES À TERMINER

13. **Implications du changement climatique pour la sylviculture des Prairies et des Territoires du Nord-Ouest.** Conseil des recherches de la Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan.

Rapport final (voulu pour le 30 septembre 30, 1987) - **"Assessment of the Implications of Climate Change for Forests and the Forestry Industry in the Prairies and the Northwest Territories".**

Objectives:
- préparation d'une série de rapports sur l'économie et les répercussions futures de la variabilité et du changement du climat, les sujets suivants étant inclus: théorie et incertitude de l'économie, analyse de rentabilité, analyse entrée/sortie et aspirations rationnelles.

PROJETS FUTURS

Pour l'accroissement des fonds, les secteurs prioritaires comprennent les forêts et l'industrie forestière, le transport et l'énergie du nord au Canada. Le secteur forestier est particulièrement vulnérable au climat. Les activités de la forêt, depuis la régénération des arbres brûlés ou récoltés jusqu'au dégagement des peuplements parvenus à maturité, nécessitent la compréhension du climat et du changement climatique.

Il faut aussi créer des outils analytiques pour estimer la sensibilité, l'adaptabilité et les seuils de réaction des systèmes socio-économiques au climat (et, de ce fait, aux changements biophysiques). Les répercussions socio-économiques des régions du Canada ne peuvent être évaluées de façon faible indépendamment des changements escomptés ailleurs. De ce fait, il faut des études visant l'ensemble du Canada et une analyse de la position comparative du Canada à l'égard des changements biophysiques et socio-économiques d'autres pays.